Résidus de glyphosate dans le gibier
(lièvre, orignal et cerf de Virginie)
suite à des pulvérisations en milieu forestier en 1988

Québec

RÉSIDUS DE GLYPHOSATE DANS LE GIBIER (LIÈVRE, ORIGNAL ET CERF DE VIRGINIE) SUITE À DES PULVÉRISATIONS EN MILIEU FORESTIER EN 1988

Jean Legris, biologiste
Gisèle Couture, tech. de la faune

Service des analyses environnementales

Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts
Direction de l'évaluation environnementale

Charlesbourg, avril 1991

91-05839/

©Gouvernement du Québec
Dépôt légal - 2e trimestre 1991
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-550-21363-7
Numéro de publication: FQ91-3016

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes du ministère des Forêts pour leur collaboration à la réalisation de cette étude :

Michel Carmichael, tech. de laboratoire
Gilles Gaboury, biologiste
Luc Laberge, biologiste
Guy Mamarbachi, chimiste
Guy Parent, tech. de la faune
Pierre Petitclerc, tech. de la faune
Louise Richard, tech. en foresterie
Paule-Renée Paquet, secrétaire

Le personnel attitré aux pulvérisations de phytocides dans chacune des unités de gestion concernées.

Des remerciements sont également adressés à M. Jean-Guy Guillot, chimiste au Centre de Toxicologie du Québec. Soulignons de plus, la collaboration de représentants du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche et particulièrement de MM. Gabriel Alain, Charles Banville et Alain Potvin. Enfin, mentionnons la bonne participation des chasseurs de gros gibier sollicités lors de cette étude.

SOMMAIRE

En 1988, le ministère de l'Énergie et des Ressources, Secteur forêts, a vérifié la contamination possible du gibier par le glyphosate à la suite de travaux d'entretien de plantations de résineux en forêt publique. La dose appliquée de l'ingrédient actif était de 1,5 kg par hectare.

Des prélèvements de Lièvre d'Amérique (Lepus americanus), d'Orignal (Alces alces) et de Cerf de Virginie (Odocoileus virginianus), abattus à l'intérieur ou à proximité des secteurs traités, ont été récoltés dans les environs de Rimouski et de Matane. L'échantillonnage a eu lieu en octobre soit en période de chasse, environ deux mois après les traitements réalisés en août. Des prélèvements de chair, de foie, de rein, d'urine, de contenu stomacal et de fèces ont été récoltés chez 19 lièvres. Parmi les 16 orignaux abattus, on a pu récolter des échantillons de chair, de foie et de rein. Enfin, un seul prélèvement de chair de cerf de Virginie a été recueilli.

Pour les trois espèces étudiées, 31 des 32 échantillons de chair ne présentent pas de résidus détectables. La limite de détection pour ces analyses est de 0,050 µg/g en poids humide. La seule valeur positive (0,146 µg/g) est retrouvée dans un prélèvement de chair d'orignal. Ce résultat pourrait toutefois être dû à une contamination accidentelle occasionnée lors du prélèvement et suggérée par la présence de poils de la bête sur l'échantillon.

Chez les lièvres, 17 échantillons de contenu stomacal ont été prélevés. Six d'entre eux présentent des résidus de glyphosate variant entre 0,084 et 0,262 µg/g. Ces concentrations représentent moins de 20 % du glyphosate que l'on peut retrouver dans la végétation, près de deux mois après le traitement. Les 18 analyses de foie ne révèlent pas de résidus. L'analyse de 19 échantillons de rein ne présente qu'une seule valeur positive de 0,208 µg/g. Deux des sept échantillons d'urine contiennent du glyphosate (109 et 142 µg/ℓ). Dans le cas des fèces, 13 des 15 échantillons ont des résidus variant entre 0,174 et 3,52 µg/g.

Dans le cas des orignaux, aucun des prélèvements de foie (16) et de rein (9) n'a présenté de résidus détectables. Les résultats indiquent donc que le glyphosate

peut être ingéré par le biais de la végétation traitée et qu'il serait principalement éliminé par les voies fécales et urinaires. En général, ces résultats s'intègrent bien aux observations rapportées dans la littérature.

Compte tenu du mode d'action du produit, de ses caractéristiques et des faibles niveaux de résidus retrouvés, nous n'entrevoyons pas d'effet notable chez les espèces étudiées. L'absence généralisée de résidus détectables dans la chair, le foie et les reins tend à confirmer que les risques de contamination associés à la consommation de ceux-ci sont très faibles.

Mots-clés : glyphosate, résidus, faune, effets directs, toxicité.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1991. Résidus de glyphosate dans le gibier (lièvre, orignal et cerf de Virginie) suite à des pulvérisations en milieu forestier en 1988. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, Service des analyses environnementales, no. publ. 91-3016, 24 p.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS iii

SOMMAIRE v

TABLE DES MATIÈRES vii

LISTE DES TABLEAUX ix

LISTE DES FIGURES ix

INTRODUCTION 1

1. PROGRAMME DE PULVÉRISATIONS 3
   1.1 Produit utilisé et technique de pulvérisation 3

2. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE 5
   2.1 Description des sites étudiés 5
   2.2 Technique de prélèvement 6
   2.3 Technique d'analyse 8

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION 9
   3.1 Résidus de glyphosate chez les lièvres 9
   3.2 Résidus de glyphosate chez les orignaux 14
   3.3 Résidus de glyphosate chez le cerf de Virginie 16
   3.4 Évaluation sommaire des impacts des résidus de glyphosate dans le gibier 16

CONCLUSION 19

BIBLIOGRAPHIE 21

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : Récupération du glyphosate dans les tissus d'animaux 8

TABLEAU 2 : Résidus de glyphosate chez les lièvres suite à des pulvérisations terrestres de 1,5 kg i.a/ha en 1988 11

TABLEAU 3 : Résidus de glyphosate chez les orignaux suite à des pulvérisations terrestres de 1,5 kg i.a./ha en 1988 14

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : Localisation des secteurs de pulvérisation dans le cadre de l'étude des résidus de glyphosate dans le gibier en 1988 5

FIGURE 2 : Localisation des lièvres capturés dans la Z.E.C. Owen et dans la Réserve faunique de Rimouski en 1988 10

FIGURE 3 : Pourcentage des échantillons de lièvre présentant des résidus détectables de glyphosate pour chacun des substrats analysés 13

FIGURE 4 : Localisation des orignaux capturés dans les Réserves fauniques de Matane et de Rimouski en 1988 15

INTRODUCTION

Dans le cadre de son programme d'entretien des plantations sur les terres publiques, le ministère des Forêts[1] (MFO) utilise depuis 1985 un phytocide (Vision[MD]) ayant comme ingrédient actif le glyphosate. Ce produit permet de dégager les espèces reboisées de la végétation concurrente. Lors de ces travaux, le Service des analyses environnementales[2] du Ministère a entrepris plusieurs suivis environnementaux afin de vérifier les résidus de glyphosate présents dans les différentes composantes de l'écosystème forestier. À ce jour, des données concernant les résidus dans l'eau, les sédiments, le sol, l'air et la végétation ont été recueillies et ont fait l'objet de rapports distincts (Legris et al., 1987; Legris et Couture, 1987; 1989a; 1989b; 1990; Major et Mamarbachi, 1987). D'autre part, des études sur le dépôt et la dérive du produit lors de l'application ainsi que sur l'exposition professionnelle des travailleurs ont également été réalisées (Dostie et Lécuyer, 1987; Dostie et al., 1988; Centre de toxicologie du Québec, 1988).

Afin de compléter les informations que nous possédons sur ce produit et de vérifier la contamination possible de la faune par le glyphosate, des prélèvements de Lièvre d'Amérique (Lepus americanus (Erxleben)), d'Orignal (Alces alces (Linné)) et de Cerf de Virginie (Odocoileus virginianus (Zimmerman)) ont été récoltés en 1988, à l'intérieur et à proximité des sites traités. Le choix de ces mammifères a été motivé par leur statut de gibier convoité par les chasseurs et par leur abondance dans les secteurs traités.

La présente étude a pour objectif de déterminer les niveaux de résidus présents dans la chair, le foie, les reins, l'urine, le contenu stomacal et les fèces des espèces pré-citées. On vise ainsi à quantifier les résidus présents dans le bol alimentaire, les fèces et l'urine de l'animal; vérifier si le phytocide s'accumule dans des organes épurateurs tels que le foie et les reins et enfin s'assurer qu'il n'y ait pas de concentration de glyphosate dans la chair qui puisse en limiter la consommation. Une évaluation sommaire des impacts de ces résidus sur la faune et sur les consommateurs potentiels du gibier est également présentée.

---

1. Le ministère des Forêts a été créé le 1er février 1991. Avant cette date, la Direction de l'évaluation environnementale faisait partie du Secteur forêts du ministère de l'Énergie et des Ressources.

2. Autrefois désigné Service des études environnementales.

1. PROGRAMME DE PULVÉRISATIONS

En 1988, près de 13 000 hectares de forêt publique ont été traités à l'aide du glyphosate afin de dégager les plantations résineuses de la végétation concurrente. Près de 60 % de ces travaux ont été réalisés dans la région du Bas-St-Laurent.

Les pulvérisations de phytocide nécessaires à l'entretien des plantations se déroulent habituellement un ou deux ans après les travaux de reboisement. Dans la région du Bas-St-Laurent, la végétation concurrente atteint alors une hauteur de 1 à 2 mètres et est principalement composée d'espèces colonisatrices du milieu forestier telles le Framboisier (Rubus idaeus L.), le Cerisier de Pennsylvanie (Prunus pensylvanica L.f.) et l'Épilobe à feuilles étroites (Epilobium angustifolium L.). De façon générale, ces superficies sont dominées par le Framboisier dans des proportions de plus de 80 %.

1.1 Produit utilisé et technique de pulvérisation

Le Vision[MD], fabriqué par Monsanto Canada Inc.[1], a été utilisé par le ministère en 1988 pour les travaux de dégagement des plantations. La formulation commerciale contient 41 % de sel isopropylaminique de glyphosate et 59 % d'additifs (eau et adjuvants). La concentration de l'ingrédient actif (glyphosate ou N-(phosphonométhyl)glycine) est de 356 grammes par litre de formulation.

La dose était de 1,5 kg d'ingrédient actif par hectare soit 4,2 litres de produit à l'hectare. La bouillie était pulvérisée au taux de 424,2 ℓ/ha soit 1 portion de Vision[MD] pour 100 portions d'eau. Les sites étudiés ont été traités par voie terrestre avec des pulvérisateurs à barillet de type Boomjet[MD]. La largeur de la bande effective de pulvérisation était de 14 mètres.

---

1. La citation de noms commerciaux ne constitue pas une recommandation d'utilisation par le ministère.

Le glyphosate est un phytocide non-sélectif appliqué en période de post-émergence. Il agit de façon systémique et pénètre dans la plante principalement par le feuillage. Sur le terrain, des symptômes visibles de toxicité (flétrissement, chlorose ou brunissement) apparaissent 2 à 4 jours après le traitement chez plusieurs espèces annuelles et 7 à 10 jours après les travaux dans le cas des vivaces (Monsanto, 1986).

Le guide relatif à l'utilisation de phytocides en milieu forestier (Gouvernement du Québec, 1987) spécifie les modalités à respecter lors de ces opérations. Ainsi, la vitesse du vent doit être inférieure à 8 km/h, l'humidité relative supérieure à 50 % et la température inférieure à 24°C. Ces caractéristiques favorables sont souvent réunies tôt le matin et à la tombée du jour. La pluie pouvant réduire l'efficacité du traitement, on recommande de s'assurer qu'il n'y ait pas d'averse locale prévue à l'intérieur d'une période de six heures après la fin des pulvérisations. Ces opérations ont lieu généralement du début août à la mi-septembre alors que l'aoûtement des conifères est terminé et que la végétation concurrente demeure sensible au produit. Lors de ces travaux, des bandes de protection où toute pulvérisation est interdite, sont respectées à proximité des zones à susceptibilité environnementale élevée. Par exemple, le long des cours d'eau à écoulement permanent, une bande de protection de 30 mètres est établie en tout temps.

2. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

2.1 Description des sites étudiés

La région du Bas-St-Laurent se prêtait bien à la présente étude puisqu'elle comportait quelques projets de pulvérisations de grande envergure (> 500 ha). Cette caractéristique permettait de limiter les effets de bordure associés à de petites superficies traitées. De plus, cette région présente un bon potentiel faunique et est très fréquentée par les amateurs de chasse de gros et de petit gibier.

Trois secteurs de chasse comportant des zones traitées ont été retenus pour cette étude. Ce sont la zone d'exploitation contrôlée (Z.E.C.) Owen, la Réserve faunique de Rimouski et la Réserve faunique de Matane (Figure 1).

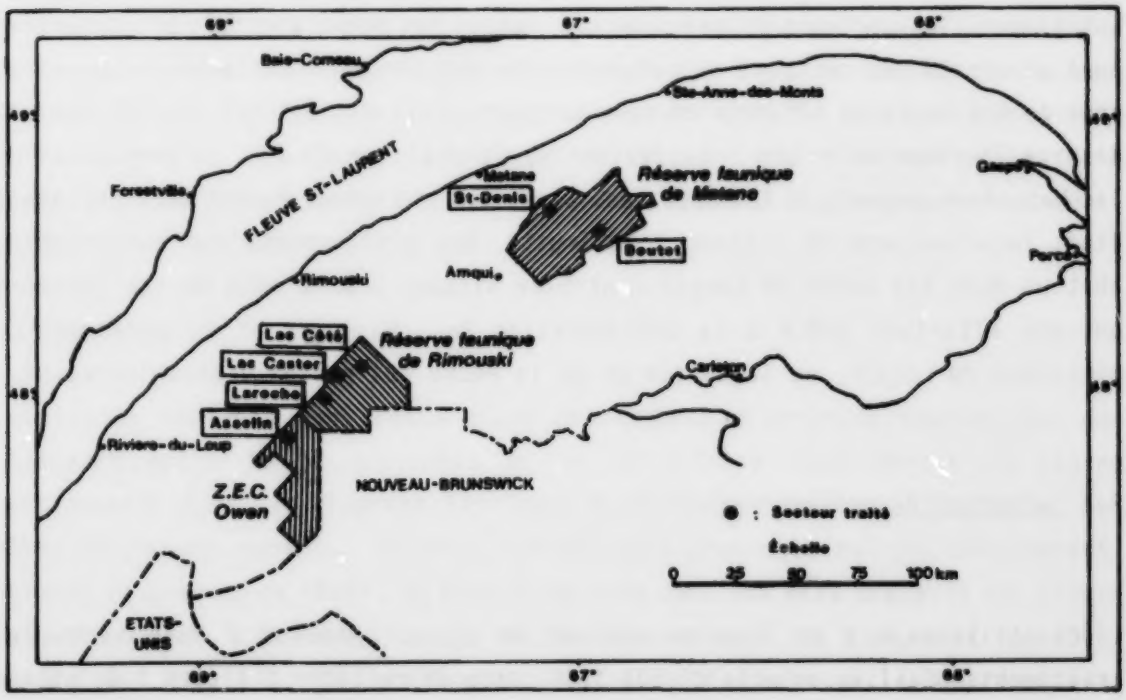

FIGURE 1 : Localisation des secteurs de pulvérisation dans le cadre de l'étude des résidus de glyphosate dans le gibier en 1988.

Un peu plus de 800 hectares de plantation ont été traités dans la Z.E.C. Owen (secteur Asselin). Le secteur traité était morcelé en blocs de superficies variables. Des engins de capture pour le lièvre ont été installés au centre des blocs lorsque des signes d'activité étaient décelés. Lorsque ces emplacements ne pouvaient être identifiés par l'observation de crottins, de pistes ou de broutage, les engins étaient placés dans de petits îlots partiellement boisés à l'intérieur des blocs traités. Dans la Réserve de Rimouski, le secteur Laroche (près de 700 hectares) a également servi de site d'étude pour le lièvre. Cependant, les pièges ont dû être installés en bordure des blocs et dans des îlots boisés plutôt qu'au centre, faute de signes d'activité.

En ce qui concerne l'échantillonnage des cervidés, outre le secteur Laroche, les secteurs Lac Côté et Lac Castor comportant respectivement 527 et 301 hectares ont été utilisés. Des prélèvements d'Orignal et de Cerf ont pu être réalisés grâce à la collaboration des chasseurs inscrits dans les zones de chasse qui intégraient les secteurs étudiés. Ainsi, toutes les bêtes abattues à l'intérieur ou à proximité des secteurs de pulvérisation ont été échantillonnées. De plus, près de 400 hectares répartis en deux secteurs distincts ont été traités dans la Réserve faunique de Matane. Le secteur Saint-Denis se situait au nord-ouest du lac Matane et comportait 280 hectares, alors que le secteur Boutet (120 hectares) était localisé près de l'Étang à la Truite. Des prélèvements sur les orignaux abattus dans les zones de chasse contrôlée situées à proximité de ces secteurs ont été effectués grâce à la collaboration des chasseurs et du personnel du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche aux postes d'enregistrement.

2.2 Technique de prélèvement

L'échantillonnage a eu lieu en période de chasse, environ 2 mois après les traitements réalisés au mois d'août 1988, afin de refléter " l'état " du gibier récolté par les chasseurs. Ce délai a aussi permis une exposition prolongée des animaux aux sites traités.

Le Lièvre d'Amérique

La capture des lièvres, dans les deux secteurs étudiés, s'est déroulée les 4 et 5 octobre 1988. L'échantillonnage d'une vingtaine de spécimens était visé. Environ cent collets, une dizaine de cages de type Havahart[MD] et des armes à feu (5) de calibre 12 et 410 ont été utilisés.

Pour chaque animal capturé, la longueur totale, la longueur du pied postérieur gauche et de l'oreille gauche, le poids et le sexe ont été déterminés en laboratoire, le jour même de la récolte des spécimens. Par la suite, la peau et les pattes ont été enlevées pour éviter toute contamination accidentelle des prélèvements. Les carcasses nues ont été légèrement nettoyées à l'eau distillée. Lorsque la vessie était intacte, l'urine (minimum d'environ 5 ml) était prélevée en premier lieu à l'aide d'une seringue puis conservée dans un contenant Nalgène[MD] de 125 ml. Par la suite, les reins, le foie ainsi que des morceaux de chair (environ 35 g) étaient extraits. Ces derniers étaient prélevés au niveau des cuisses et du dos. La dissection prenait fin avec la récolte du contenu stomacal et des fèces (10 à 15 crottes) retrouvées dans la section terminale du petit intestin. Les reins, la chair et le foie ont été légèrement nettoyés à l'eau. Les prélèvements ont été conservés dans des sacs de plastique et congelés jusqu'à leur analyse.

L'Orignal

Les tissus analysés dans cette étude proviennent d'orignaux abattus par des chasseurs entre le 17 septembre et le 22 octobre 1988 durant la chasse contingentée dans les réserves fauniques de Matane et de Rimouski. Seules les bêtes retrouvées dans les secteurs traités ou à proximité ont été considérées. Environ 35 grammes de chair, de foie et de rein devaient être prélevés sur chaque orignal abattu. L'échantillonnage du contenu stomacal, de l'urine et des fèces n'a pas été possible. Les prélèvements ont été effectués par les représentants du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche qui oeuvraient aux postes d'enregistement. Les tissus ont été conservés séparément dans des sacs de plastique Whirl-Pak[MD] puis congelés jusqu'à leur analyse.

Le Cerf de Virginie

Un seul chevreuil a été abattu près des secteurs traités dans la Réserve faunique de Rimouski. La période de chasse s'est déroulée du 29 octobre au 6 novembre 1988. Seul un échantillon de chair a été recueilli. La procédure de récolte pour l'échantillon a été identique à celle utilisée pour l'orignal.

2.3 Technique d'analyse

L'analyse des résidus de glyphosate dans la chair, le contenu stomacal, le foie, les reins et les fèces a été effectuée par le laboratoire de chimie du Service des études environnementales du ministère. La méthode analytique utilisée nécessitait l'usage d'un chromatographe liquide à haute performance (Mamarbachi et al., 1989). La limite de détection était de 0,050 µg/g en poids humide pour les différents tissus analysés à l'exception des reins de lièvres où elle était de 0,100 µg/g en raison de certaines interférences observées lors de l'analyse. Les résultats des tests de récupération du glyphosate dans les substrats étudiés sont présentés au tableau 1.

TABLEAU 1 : Récupération du glyphosate dans les tissus d'animaux

Tissus analysés	Niveau d'enrichissement (µg/g humide)	Nombre d'essais	Récupération moyenne (%)	Écart (%)	Coefficient de variation (%)
Lièvres:					
chair	1	3	69	65-73	5
chair	0,1	3	63	55-68	11
foie	0,1	3	98	91-107	8
contenu stomacal	1	3	78	71-84	7
fèces	1	3	77	71-81	7
Orignaux:					
rein	0,1	4	66	54-80	16

Le dosage du glyphosate dans l'urine a été réalisé par le Centre de Toxicologie du Québec (Centre de Toxicologie du Québec, 1988). La limite de détection était de 100 µg/ℓ pour la présente étude. La récupération moyenne était basée sur 18 déterminations à un niveau d'enrichissement de 100 µg/ℓ. La valeur retrouvée était de 92 % avec un coefficient de variation de 13 %.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans le but d'atténuer la sous-évaluation des résultats décelée lors des tests de récupération, nous avons majoré les valeurs obtenues à un taux de récupération équivalent à 100 %.

3.1 Résidus de glyphosate chez les lièvres

Au total, 19 lièvres ont été échantillonnés lors de cette étude. Onze d'entre eux proviennent de la Z.E.C. Owen, alors que les huit autres ont été capturés dans la Réserve faunique de Rimouski. Selon les données morphologiques recueillies, 11 mâles et 8 femelles de différents groupes d'âges ont été capturés.

Rappelons que les individus capturés dans la Z.E.C. Owen se retrouvent majoritairement au centre des zones pulvérisées tandis qu'au secteur Rimouski, les lièvres ont été capturés plutôt en bordure des zones traitées ou dans des îlots de végétation non traitée à l'intérieur des blocs. La figure 2 permet de visualiser la position des captures dans chacun des secteurs. Compte tenu du territoire relativement restreint que ce mammifère fréquente, on considérera que les lièvres capturés dans le secteur Owen reflètent un niveau d'exposition «élevé» aux pulvérisations. Dans le cas des individus provenant de la Réserve de Rimouski, le niveau d'exposition sera plutôt tenu pour variable ou faible.

Ces considérations peuvent être corroborées par l'absence de résidus détectables de glyphosate dans les échantillons de contenu stomacal provenant de la Réserve de Rimouski. Les individus capturés pouvaient aussi facilement s'alimenter dans une zone traitée que dans une zone non-traitée. Ainsi, sur les 17 prélèvements recueillis, seulement six individus provenant de la Z.E.C. Owen présentent des résidus détectables dans l'estomac variant de 0,084 à 0,262 µg/g (tableau 2). Ces résultats démontrent donc que des résidus peuvent être absorbés par l'intermédiaire de la nourriture consommée, environ 2 mois après le traitement.

Lors d'une étude portant sur les résidus de glyphosate dans la végétation suite à des pulvérisations terrestres équivalentes, des résidus de 2,57 µg/g avaient été retrouvés 48 jours après la pulvérisation. Cette valeur était retrouvée dans

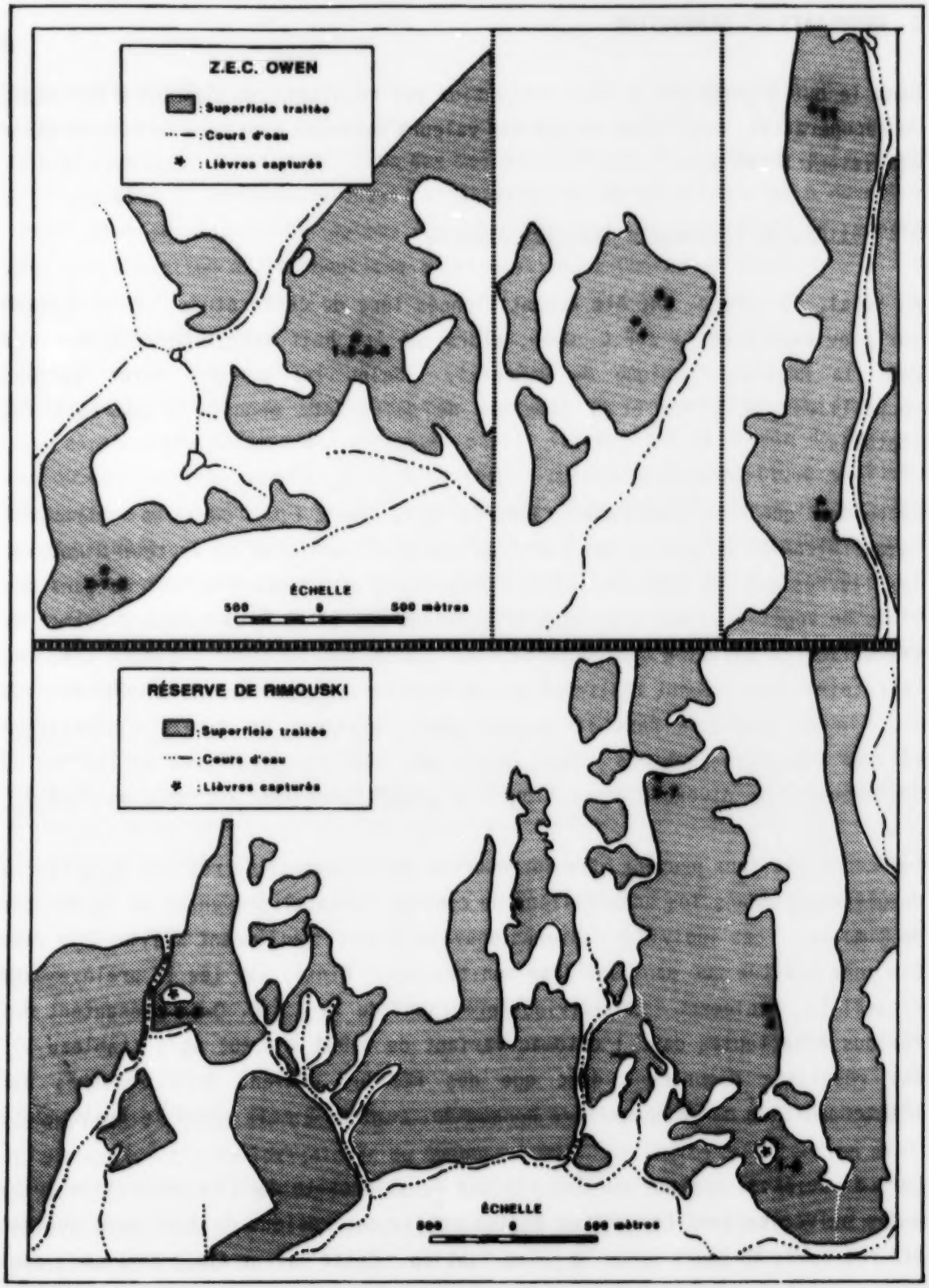

Figure 2 : Localisation des lièvres capturés dans la Z.E.C. Owen et dans la Réserve faunique de Rimouski en 1988

le feuillage provenant du tiers supérieur des tiges de framboisier (Legris et Couture, 1989a). Les niveaux de résidus retrouvés dans les contenus stomacaux des individus de la Z.E.C. Owen représentent environ 10 % de cette valeur. Cette situation s'explique principalement par la sous-exposition au produit des strates herbacées et arbustives basses broutées par le lièvre. De plus, même si les spécimens ont été capturés dans une zone "à exposition élevée", il est peu probable que ceux-ci n'aient ingéré que de la végétation contaminée.

TABLEAU 2 : Résidus de glyphosate[a] chez les lièvres suite à des pulvérisations terrestres de 1,5 kg i.a./ha en 1988

Spécimen	Sexe	Longueur totale (cm)	Poids (kg)	Contenu stomacal (µg/g)	Chair (µg/g)	Foie (µg/g)	Rein (µg/g)	Urine (µg/ℓ)	Fèces (µg/g)
ZEC OWEN :									
1	F	35	0,67	0,160	ND[b]	--	ND	--	--
2	F	46	1,38	0,229	ND	ND	0,208	ND	1,427
3	M	41	0,86	ND	ND	ND	ND	142	0,785
4	M	50	1,45	ND	ND	ND	ND	ND	0,718
5	M	46	1,35	0,262	ND	ND	ND	--	0,387
6	F	51	1,90	0,084	ND	ND	ND	--	ND
7	M	47	1,15	0,110	ND	ND	ND	--	0,844
8	M	44	1,12	ND	ND	ND	ND	--	1,517
9	M	42	0,95	0,125	ND	ND	ND	--	3,522
10	M	48	1,31	ND	ND	ND	ND	ND	1,195
11	F	49	1,23	ND	ND	ND	ND	--	--
RÉSERVE DE RIMOUSKI :									
1	M	42	1,40	--	ND	ND	ND	ND	0,910
2	M	41	1,20	ND	ND	ND	ND	--	1,676
3	M	40	1,20	ND	ND	ND	ND	--	0,753
4	F	38	1,20	ND	ND	ND	ND	--	0,304
5	F	40	1,40	ND	ND	ND	ND	--	ND
6	F	47	1,40	ND	ND	ND	ND	ND	0,174
7	M	41	1,10	ND	ND	ND	ND	--	--
8	F	39	1,00	--	ND	ND	ND	109	--

[a] Valeurs corrigées en regard des tests de récupération respectifs
[b] Non-détecté : chair, foie, contenu stomacal, fèces = < 0,050µg/g en poids humide, rein = < 0,100µg/g en poids humide, urine = < 100µg/ℓ

Dans la chair, aucun des 19 échantillons recueillis ne présente de résidus détectables (< 0,050 µg/g). Ces résultats appuient les quelques données retrouvées dans la littérature à ce sujet. Ainsi, le glyphosate ingéré ne serait pas accumulé ou métabolisé à l'intérieur de l'organisme mais serait plutôt éliminé par les voies naturelles. Par exemple, aucun résidu détectable n'a été retrouvé dans le lait ou dans la viande de vaches laitières auxquelles on avait

fait ingérer des quantités réalistes (non précisées) de glyphosate. Dans le cas d'ingestion de très grandes quantités, les résidus étaient pratiquement non décelables. La plus grande partie de la substance ingérée était excrétée telle quelle. Egalement, on n'a pu déceler de résidus dans les muscles et la graisse de poulets, de vaches et de porcs auxquels on avait fait ingérer jusqu'à 75 ppm de glyphosate (Monsanto, s.d.).

L'ensemble des prélèvements de foie (18) et de rein (18) ne révèle aucun résidu détectable à l'exception d'un échantillon de rein qui présente 0,208 µg/g. Indiquons qu'une étude réalisée par Sacher (1978) sur des Colins de Virginie (Colinus virginianus (Linnaeus)) nourris au glyphosate radioactif, présentait des traces de glyphosate dans le foie et les reins (USDA Forest Service, 1984).

L'urine de sept spécimens a pu être prélevée en quantité suffisante pour en permettre l'analyse. Deux échantillons ont présenté des résidus de 142 et 109 µg/ℓ. Dans les autres cas, le glyphosate n'est pas détecté même si le produit était présent dans le contenu stomacal et/ou dans les fèces de ces spécimens.

Une étude réalisée chez le rat démontre que plus de 90 % de la dose administrée est excrétée dans un délai de 48 heures. Chez les mâles, 80 % du glyphosate serait retrouvé dans les fèces et environ 15 % serait éliminé par l'urine. Chez les femelles, 40 % de la dose administrée serait excrétée par l'urine, suggérant selon les auteurs, une plus forte absorption du produit par la membrane gastro-intestinale chez celles-ci (U.S. Environmental Protection Agency, 1986). Dans le contexte de notre étude, nous ne pouvons vérifier un tel comportement, compte tenu entre autres, du nombre restreint de prélèvements présentant des résidus détectables.

Dans les fèces, treize des quinze échantillons analysés présentent des résidus variant entre 0,174 et 3,52 µg/g. Ces concentrations sont supérieures aux niveaux retrouvés dans le contenu stomacal. Le processus de concentration des aliments exercé lors de la digestion pourrait expliquer le niveau de résidus plus élevé dans les fèces. Ce dernier est équivalent ou légèrement supérieur à celui retrouvé dans la végétation. Newton et al. (1984) qui ont analysé la partie

viscérale de petits mammifères séjournant dans un secteur traité à 3,3 kg i.a./ha, observaient des résultats s'apparentant à ce que nous avons retrouvé. Ainsi, la quantité de résidus détectés (maximum : 5,08 µg/g) était inférieure ou équivalente au niveau de glyphosate retrouvé dans la litière.

La figure 3 illustre le pourcentage des échantillons de Lièvre d'Amérique présentant des résidus détectables de glyphosate. On remarque que plus de 80 % des prélèvements de fèces contiennent des résidus détectables. L'urine et le contenu stomacal sont les deux autres substrats où l'on retrouve, de façon significative, du glyphosate dans les échantillons.

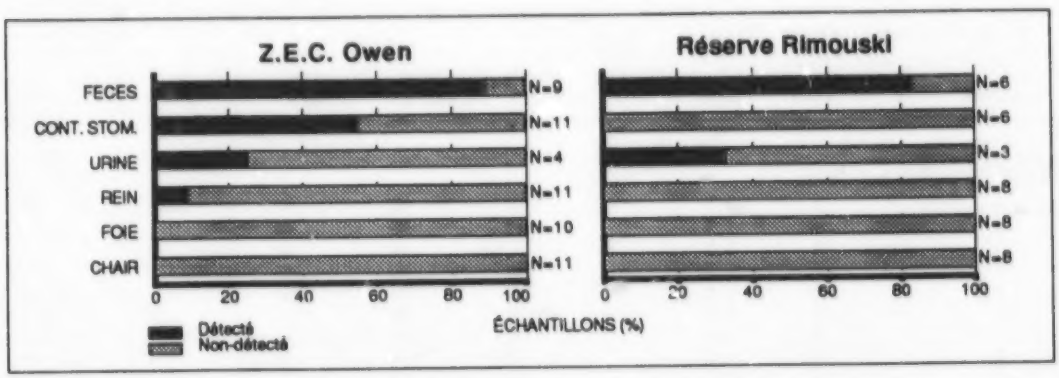

FIGURE 3 : Pourcentage des échantillons de lièvre présentant des résidus détectables de glyphosate pour chacun des substrats analysés.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus tendent à appuyer les quelques observations retrouvées sur le sujet dans la littérature. Ghassemi et al. (1981) rapportent que, chez des lapins auxquels on a administré une dose orale unique de glyphosate radioactif, plus de 80 % du produit est éliminé après cinq jours dans les fèces, 7 à 11 % dans les urines, moins d'un pourcent avec le CO_2 expiré et une faible quantité est retrouvée dans le colon. Les conditions expérimentales de cette étude ne sont toutefois pas précisées.

Signalons qu'il n'a pas été possible d'observer de relation entre les niveaux de résidus de glyphosate dans les substrats analysés et le sexe ou l'âge des spécimens capturés.

3.2 Résidus de glyphosate chez les orignaux

Seize orignaux ont été échantillonnés dans cette étude. Onze individus ont été abattus dans la Réserve faunique de Matane. Les cinq autres spécimens proviennent de la Réserve de Rimouski (figure 4). Dix mâles et six femelles, âgés de 0,5 à 9,5 ans, ont été capturés. Le territoire vital de ce mammifère étant plus important que les superficies traitées, le niveau d'exposition de ces animaux aux pulvérisations de phytocide est considéré faible.

TABLEAU 3 : Résidus de glyphosate[a] chez les orignaux suite à des pulvérisations terrestres de 1,5 kg i.a./ha en 1988

spécimen	sexe	âge	chair (µg/g)	foie (µg/g)	rein (µg/g)
RÉSERVE DE MATANE:					
1	F	2,5	ND	ND	ND
2	M	1,5	ND	ND	ND
3	M	5,5	0,146	ND	ND
4	F	9,5	ND	ND	--
5	M	2,5	ND	ND	ND
6	M	4,5	ND	ND	--
7	F	0,5	--	ND	--
8	M	1,5	ND	ND	--
9	F	6,5	ND	ND	--
10	F	1,5	ND	ND	ND
11	M	1,5	--	ND	--
RÉSERVE DE RIMOUSKI:					
1	M	1,5	ND	ND	ND
2	M	1,5	--	ND	--
3	M	2,5	ND	ND	ND
4	M	1,5	ND	ND	ND
5	F	1,5	--	ND	ND

[a] Valeurs corrigées en regard des tests de récupération respectifs
[b] Non-détecté : < 0,050µg/g en poids humide

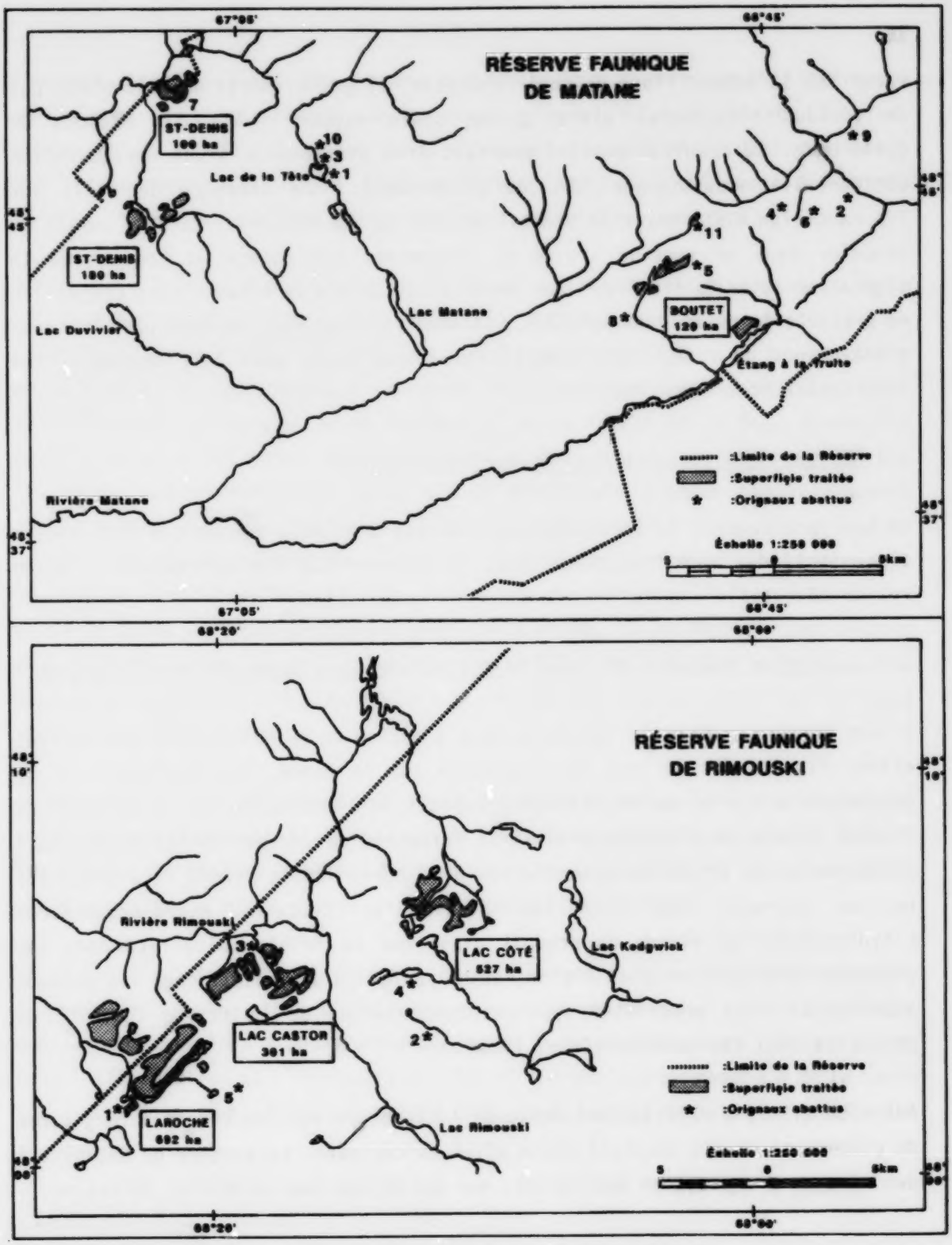

Figure 4 : Localisation des orignaux capturés dans les Réserves fauniques de Matane et de Rimouski en 1988

Parmi les 12 échantillons de chair analysés, 11 prélèvements ne présentent pas de résidus détectables alors qu'une seule valeur révèle des résidus de 0,146 µg/g. Ce résultat positif pourrait être attribuable à une contamination accidentelle occassionnée lors du prélèvement. La présence de poils sur l'échantillon a été observée avant l'analyse au laboratoire. La bête aurait pu circuler dans un secteur traité et contaminer son pelage au contact de la végétation ou de la litière. Dans le foie, aucun des 16 échantillons recueillis ne présente de résidus détectables. Le même résultat est constaté pour les neuf prélèvements de rein. Ces données respectent donc, dans leur ensemble, les résultats obtenus pour les lièvres.

3.3 Résidus de glyphosate chez le cerf de Virginie

Le seul prélèvement de chair analysé provient d'un mâle âgé de 2,5 ans, abattu à proximité des zones traitées, dans la Réserve faunique de Rimouski. Aucun résidu détectable n'a été décelé dans cet échantillon.

3.4 Evaluation sommaire des impacts des résidus de glyphosate dans le gibier

Il est pertinent de tenir compte du mode d'action du produit afin d'évaluer les effets directs des résidus de glyphosate sur la faune. La phytotoxicité du glyphosate est principalement due à l'inhibition d'une enzyme reliée au cycle de l'acide shikimique. Il bloque ainsi la formation des acides aminés aromatiques et de certaines protéines essentielles à la survie de la plante. Ce processus ne se retrouve que chez les plantes et certains micro-organismes. L'hydrosolubilité élevée du produit ainsi que sa faible solubilité dans les graisses favorisent de plus l'élimination rapide du glyphosate chez les animaux supérieurs. Ces propriétés seraient responsables de la faible toxicité du phytocide chez les animaux (Cole, 1985).

Atkinson (1985) a effectué une revue de littérature sur les effets à long terme du glyphosate et n'a constaté aucun effet cancérigène, tératogène ou mutagène à des niveaux d'exposition équivalents aux pulvérisations en milieu forestier.

Choquette (1987) présente des données semblables lors d'une revue de littérature sur la toxicité du glyphosate sur les composantes vivantes du milieu. De plus, Newton et al. (1984) rapportent qu'il n'y a pas d'accumulation du produit chez des petits mammifères vivant dans un secteur traité et reflétant différents niveaux de la chaîne alimentaire (herbivore, carnivore, omnivore).

En ce qui a trait à l'exposition de la faune aux résidus de glyphosate, Legris et Couture (1989a) rapportent une très faible exposition suite à des pulvérisations de 1.5 kg i.a./ha. Les calculs ont été effectués en tenant compte de la plus haute concentration retrouvée dans la végétation peu de temps après le traitement (45 μg/g en poids humide) et de la valeur de la DL_{50}[1] disponible pour le lapin (3 800 mg/kg, glyphosate technique). Ainsi, pour un animal tel que le lièvre, la concentration théorique de glyphosate ingérée quotidiennement serait environ 800 fois inférieure à la DL_{50}. En réalité, ce rapport peut être augmenté de façon appréciable puisqu'un individu ne consommera pas que de la végétation contaminée et, s'il en ingère, ce ne sera pas nécessairement aux concentrations maximums retrouvées dans cette étude. Si on rapporte ces calculs à la présente étude, on obtient un rapport 14 500 fois inférieur à la valeur de la DL_{50} en considérant le plus haut niveau de résidus retrouvé dans les contenus stomacaux chez le lièvre.

Ainsi, compte tenu du mode d'action du glyphosate, de sa faible toxicité, du faible niveau d'exposition de même que de l'élimination rapide du produit ingéré, les niveaux de résidus détectés tout au cours de cette étude ne nous permettent pas d'envisager d'effet direct sur les populations étudiées.

En ce qui a trait au risque d'exposition des personnes qui pourraient consommer la chair ou certains organes d'animaux ayant séjourné dans les secteurs traités, mentionnons que, lors d'une réunion conjointe tenue en 1986 entre l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS), une dose journalière acceptable (DJA) de 0,3 mg/kg de poids corporel a été

---

[1] Dose létale pour 50 % d'une population donnée.

recommandée dans le cas du glyphosate (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1987). Cette dose correspond à la quantité de glyphosate dont l'ingestion quotidienne, pendant la vie entière, peut être considérée comme dépourvue de risques appréciables pour la santé. En se référant aux résultats que nous avons obtenu, l'absence généralisée de résidus détectables dans la chair, le foie et les reins, indique que les risques de contamination associés à leur consommation sont pratiquement nuls.

CONCLUSION

L'analyse des résidus de glyphosate dans divers tissus d'animaux ayant séjourné à l'intérieur ou à proximité des sites traités démontrent que des résidus peuvent être absorbés, par l'intermédiaire de la nourriture consommée, environ deux mois après le traitement. En général, il n'y a pas de résidus de glyphosate décelés dans la chair, le foie et les reins. Cependant des résidus ont été retrouvés principalement dans les contenus stomacaux, les fèces et l'urine.

Les résultats de la présente étude suggèrent qu'il y a élimination naturelle du produit dans l'organisme, telle que rapportée dans la littérature. Les faibles niveaux de résidus de glyphosate retrouvés ne présentent pas, selon les données existantes, d'effet notable chez les espèces étudiées. De plus, l'absence de résidus détectables dans la chair indique que les risques de contamination associés à sa consommation sont pratiquement nuls.

BIBLIOGRAPHIE

ATKINSON, D., 1985. Toxicological properties of glyphosate - a summary. In : The herbicide glyphosate, E. Grossbard and D. Atkinson (eds.), Butterworth and Co. (Publishers), Toronto, pp.127-133.

CENTRE DE TOXICOLOGIE DU QUÉBEC, 1988. Étude de l'exposition professionnelle des travailleurs exposés au glyphosate. Rapport final. Centre Hospitalier de l'Université Laval pour le Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la conservation, Service des études environnementales, pub. n° ER89-1110, 65 p. et annexes.

CHOQUETTE, L., 1987. Toxicité du glyphosate sur les composantes vivantes du milieu (Revue de la littérature). Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, 64 p.

COLE, D.J., 1985. Mode of action of glyphosate - a litterature analysis. In: The herbicide glyphosate, E. Grossbard and D. Atkinson (eds.), Butterworth and Co. (Publishers), Toronto, pp. 48-74.

DOSTIE, R. et H. LÉCUYER, 1987. Évaluation du dépôt et de la dérive du glyphosate lors de pulvérisations terrestres en milieu forestier, 1986. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales et Service de la régénération forestière, pub. n° ER89-1046, 39 p.

DOSTIE, R., H. LÉCUYER, L. MAJOR et G. MAMARBACHI, 1988. Évaluation du dépôt et de la dérive du glyphosate lors de pulvérisations aériennes en milieu forestier, 1987. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales et Service de la régénération forestière, pub. n° 3324, 53 p.

GHASSEMI, M., L. FARGO, P. PAINTER, P. PAINTER, S. QUINIIVAN, R. SCOFIELD and A. TAKATA, 1981. Environmental fate and impacts of major forest use pesticides. US EPA, Office of pesticides and toxic substances, Washington, D.C., 435 p.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 1987. Guide relatif à l'utilisation de phytocides en milieu forestier. Document préliminaire. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales et Service de la régénération forestière, pub. n° ER89-1112, 62 p.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1987. Résidus de glyphosate dans le sol forestier suite des pulvérisations terrestres en 1985 et 1986. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la conservation, Service des études environnementales, pub. n° 3318, 22 p.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1989a. Résidus de glyphosate dans le feuillage, les ramilles et les fruits sauvages suite à des pulvérisations terrestres en milieu forestier en 1985 et 1986. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la conservation, Service des études environnementales, publication n° 3321, 27 p.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1989b. Résidus de glyphosate dans l'eau et les sédiments suite à des pulvérisations terrestres en milieu forestier en 1986. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la conservation, Service des études environnementales, pub. n° 3321, 27 p.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1990. Résidus de glyphosate dans un écosystème forestier suite à des pulvérisations aériennes au Québec en 1987. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, pub. n° ER90-3085, 35 p.

LEGRIS, J., G. COUTURE, L. LABERGE et G. MAMARBACHI, 1987. Concentrations résiduelles de glyphosate dans l'eau de surface en milieu forestier, suite à des pulvérisations terrestres, 1985. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la conservation, Service des études environnementales, pub. n° 3315, 35 p.

MAJOR, L. et G. MAMARBACHI, 1987. Concentrations de glyphosate dans l'air et exposition des travailleurs lors de certaines pulvérisations terrestres de phytocides en 1986. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la conservation, Service des études environnementales, pub. n° 3316, 10 p.

MAMARBACHI, G., N. NADEAU et M. CARMICHAEL, 1989. Méthodes d'analyse du glyphosate dans l'eau, l'air, le sol, les sédiments, la végétation et les tissus animaux. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, pub. n° 3325, 19 p.

MONSANTO CANADA INC., s.d. Questions et réponses au sujet de l'herbicide sylvicole Vision[MD]. 32 p.

MONSANTO CANADA INC., 1987. Vision[R] - Material safety data. Mississauga, Ontario, 6 p.

NEWTON, M., K.M. HOWARD, B.R. KELPSAS, R. DANHAUS, C.M. LOTTMAN and S. DUBELMAN, 1984. Fate of glyphosate in an Oregon forest ecosystem. J. Agric. Food Chem., 32(5):1144-1151

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, 1987. Résidus de pesticides dans les produits alimentaires - 1986. Étude FAO-Production végétale et protection des plantes, Rome, no. 77, annexe 1.

SACHER, R.M., 1978. Safety of Roundup in the environment. Proceedings, Roundup Seminar, Madrid, supplementary papers, pp. 3-23

USDA FOREST SERVICE, 1984. Pesticide background statement : glyphosate. in: Pesticide background statements. Volume 1. Herbicides. Agriculture handbook no. 633, pp. G1-G72.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1986. Guidance for the reregistration of pesticide products containing glyphosate as the active ingredient. US EPA, Office of pesticide programs, Washington, D.C., EPA-540/RS-86-155, 212 p.

Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts
Direction de l'évaluation environnementale

FQ91-3018